

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-126922

(43)Date of publication of application : 11.05.1999

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
C30B 29/04

(21)Application number : 09-289468

(71)Applicant : MITSUBISHI HEAVY IND LTD

(22)Date of filing : 22.10.1997

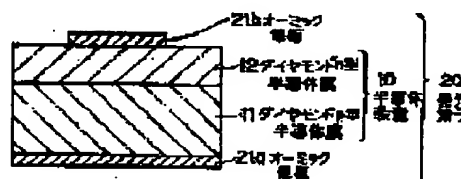
(72)Inventor : NISHIMORI TOSHIHIKO  
UCHIUMI ATSUSHI

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE AND LIGHT EMITTING ELEMENT USING THE SAME

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To improve heat resistance and electric conductivity, by laminating a diamond p-type semiconductor film and a phosphorusdoped diamond p-type semiconductor film, and forming an electrode.

**SOLUTION:** A semiconductor device 10 is formed by the pn junction of a diamond p-type semiconductor film 11, which uses diamond which is sufficiently thermally stable up to approximately 400°, with a phosphorus-doped diamond n-type semiconductor film 12. A pair of ohmic electrodes 21a and 21b are formed by sandwiching the semiconductor device 10. In the formation of the diamond n-type semiconductor film 12, the diamond p-type semiconductor film 11 held in a vacuum container is heated up to a prescribed temperature, hydrocarbon gas, hydrogen gas and a doping material are introduced at a prescribed pressure from an introducing tube so as to permit each gas to reach in the state of molecular flow. Thus, the high conductivity diamond p-type semiconductor film 12 maintaining the doping concentration of the doping material at a fixed value is formed.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Received at: 3:20AM, 9/2/2003

FROM 梶田 博昭

2003年 9月 2日(火) 16:21/ 16:08/ 文書番号4803238146\_P 33

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

FROM 福田商事

2003年 9月 2日(火) 16:21/額16:08/登録4803238146 P 34

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-126922

(43) 公開日 平成11年(1999) 5月11日

(51) Int. Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

A

C 3 0 B 29/04

C 3 0 B 29/04

W

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平9-289468

(22) 出願日

平成9年(1997)10月22日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 西森 年彦

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基礎技術研究所内

(72) 発明者 内藤 洋

神奈川県横浜市金沢区幸浦一丁目8番地1

三菱重工業株式会社基礎技術研究所内

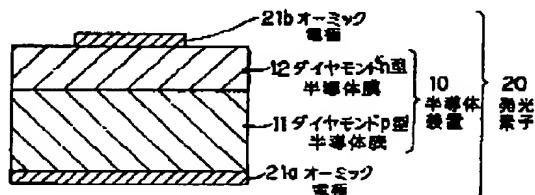
(74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体装置およびこれを使用した発光素子

(57) 【要約】

【課題】 耐熱性および高電気伝導度を有する半導体装置およびこれを使用した発光素子を提供する。

【解決手段】 熱的に十分に安定なダイヤモンドを利用したダイヤモンドp型半導体膜11に、リンをドーブしたダイヤモンドn型半導体膜12をpn接合して半導体装置10を構成し、この半導体装置10にオーミック電極21a、21bを対をなして挟むように設けて発光素子20を構成した。



(2)

特開平11-126922

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ダイヤモンドp型半導体膜と、リンをドーブしたダイヤモンドn型半導体膜とを備えてなることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体装置に電極を設けたことを特徴とする発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、半導体装置およびこれを使用した発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般式  $\text{In}_x\text{Ga}_y\text{Al}_z\text{N}$  (ただし、 $x+y+z=1$ 、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ 、 $0 \leq z \leq 1$ ) で表される3-5族化合物半導体を用いた可視または紫外長波領域の発光素子は、デジタルビデオディスク(DVD)などの利用に必要とされる70℃の高い温度で使用すると、自己発熱により寿命が短くなってしまう。このため、図4に示すように、400℃程度まで熱的に十分に安定なダイヤモンドを利用したダイヤモンドp型半導体膜11およびダイヤモンドn型半導体膜12とをpn接合して半導体装置110を構成し、この半導体装置110をオーミック電極121a、121bで挟んで発光素子120を構成することが考えられている(例えば、T.H.Borrist et al., Appl. Phys. Lett. 67, 2651 (1995)等参照)。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、ダイヤモンドn型半導体膜112は、70℃での電気伝導度が低い( $10^{-15} (\Omega \cdot \text{cm})^{-1}$ )ため、発光素子120を発光させるのに必要な電流を流すことが困難であった。

【0004】 このようなことから、本発明は、耐熱性および高電気伝導度を有する半導体装置およびこれを使用した発光素子を提供することを目的とした。

【0005】

【課題を解決するための手段】 前述した課題を解決するための、本発明による半導体装置は、ダイヤモンドp型半導体膜と、リンをドーブしたダイヤモンドn型半導体膜とを備えてなることを特徴とする。

【0006】 前述した課題を解決するための、本発明による発光素子は、上述した半導体装置に電極を設けたことを特徴とする。

【0007】

【発明の実施の形態】 本発明による半導体装置およびこれを使用した発光素子の実施の形態を図1、2を用いて説明する。なお、図1は、その発光素子の概略構造図、図2は、図1のダイヤモンドn型半導体膜を成膜する装置の一例の概略構成図である。

【0008】 図1に示すように、400℃程度まで熱的に十分に安定なダイヤモンドを利用したダイヤモンドp型半導体膜11には、リンをドーブ(10<sup>17</sup>~10<sup>20</sup>個

/cm<sup>3</sup>)されたダイヤモンドn型半導体膜12がpn接合されており、当該半導体膜11、12などにより半導体装置10が構成されている。この半導体装置10には、対をなすオーミック電極21a、21bが当該半導体装置10を挟むようにして設けられており、当該半導体装置10および上記電極21a、21bなどにより発光素子20が構成されている。

【0009】 このような発光素子20においては、オーミック電極21a上にダイヤモンドp型半導体膜11を従来と同様にして成膜し、引き続き、図2に示すような装置を用いて上述したダイヤモンドn型半導体膜12を成膜した後、オーミック電極21bを設けることにより容易に製造することができる。ここで、図2に示す装置を説明する。

【0010】 図2に示すように、真空容器1には、当該真空容器1内を減圧させる減圧手段である真空排気装置2が連結されている。真空容器1内の下部には、オーミック電極21a上に成膜したダイヤモンドp型半導体膜11を保持するホルダ3が設けられている。ホルダ3には、タンタルやモリブデンやグラファイトなどの高融点材料からなる加熱手段である図示しない電熱ヒータが取り付けられており、当該電熱ヒータを作動させることにより、上記ダイヤモンドp型半導体膜11を所定の温度に加熱することができるようになっている。

【0011】 真空容器1の上部には、前記ホルダ3上へ向けてメタン、エタン、プロパン、ブタンなどのような炭化水素ガス101を送給する炭化水素ガス導入管4と、上記ホルダ3上へ向けて水素ガス102を送給する水素ガス導入管5と、前記ホルダ3上へ向けてトリートルホスフィンなどのような一般式PR<sub>3</sub> (ただし、Rは水素または炭化水素基を表す。)などで表されるリンを含有するドーブ材103のガスを送給するドーブ材導入管6とがそれぞれ設けられている。

【0012】 上記炭化水素ガス導入管4の基端には、上記炭化水素ガス101の充填された図示しないポンプが図示しないバルブや流圧計などを介して連結されている。上記水素ガス導入管5の基端には、上記水素ガス102の充填された図示しないポンプが図示しないバルブや流圧計などを介して連結されている。上記ドーブ材導入管6の基端には、上記ドーブ材103の充填された図示しないポンプが図示しないバルブや流圧計などを介して連結されている。

【0013】 このような本実施の形態では、炭化水素ガス導入管4、前記ポンプ、前記バルブ、前記流圧計などにより炭化水素ガス送給手段を構成し、水素ガス導入管5、前記ポンプ、前記バルブ、前記流圧計などにより水素ガス送給手段を構成し、ドーブ材導入管6、前記ポンプ、前記バルブ、前記流圧計などによりドーブ材送給手段を構成している。

【0014】 前記水素ガス導入管5の内部には、水素ガ

(3)

特開平11-126922

ス102を加熱して励起させることにより当該水素ガス102を原子状態とする水素励起手段であるタングステン製の電熱フィラメント7が設けられている。つまり、水素ガス導入管5の先端からは、原子状態の水素ガス102がホルダ3上へ向けて送給されるようになっているのである。なお、図2中、8は分圧計である。

【0015】また、上記各導入管4～6の先端と上記ホルダ3との距離、すなわち、上記各ガス101～103の前記ダイヤモンドp型半導体膜11までの真空容器1内の流路長さは、当該各ガス101～103の平均自由行程 $\lambda$ の大きさよりも小さい大きさ、すなわち、当該各ガス101～103が分子流(クヌーセン流)として上記ダイヤモンドp型半導体膜11に到達できる大きさとなっている。

【0016】つまり、例えば、メタンガスの平均自由行程 $\lambda_{CH_4}$ は、その気圧が $5 \times 10^{-4}$ Torrであれば10cmとなり、 $5 \times 10^{-5}$ Torrであれば100cmとなり、 $5 \times 10^{-6}$ Torrであれば1000cmとなり、また、例えば、原子状態の水素ガスの平均自由行程 $\lambda_H$ は、その気圧が $1 \times 10^{-5}$ Torrであれば500cmとなることから、真空容器1内の真空度を高く(例えば、 $1 \times 10^{-8}$ Torr以上)して、上記各ガス101～103の導入圧力を上述したような値にまで下げるにより、前記大きさを十分に確保することができるようになり、当該各ガス101～103を上記ダイヤモンドp型半導体膜11まで互いに衝突することのない分子流として、すなわち、当該各ガス101～103を気相中で反応させることなく送給することができるようになっているのである。

【0017】このような装置を用いてダイヤモンドp型半導体膜11上に上述したダイヤモンドn型半導体膜12を成膜するには、以下のようにすればよい。

【0018】真空排気装置2により真空容器1内を高真空( $1 \times 10^{-8}$ Torr以下)にすると共に真空容器1内に残留する窒素や酸素を除去し、前記電熱ヒータにより前記ダイヤモンドp型半導体膜11を所定の温度に加熱する。

【0019】炭化水素ガス導入管4からホルダ3へ向けて炭化水素ガス101を分子流で送給するように前記バルブを調整して所定の圧力( $5 \times 10^{-5}$ Torr)で導入すると共にドーパント導入管6からホルダ3へ向けてドーパント103を分子流で送給するように前記バルブを調整して所定の圧力( $2 \times 10^{-7}$ ～ $2 \times 10^{-6}$ Torr)で導入する一方、水素ガス導入管5からホルダ3へ向けて原子状態の水素ガス12を分子流で送給するように前記電熱フィラメント7で当該水素ガス12を加熱励起しながら前記バルブを調整して所定の圧力( $1 \times 10^{-4}$ Torr)で導入する。なお、このガス導入の際には、[P]／[C]の混合比が所定の濃度となるように分圧計8で確認しながら上記調整を行うようにする。

【0020】このようにして上記各ガス101～103

を送給すると、これら各ガス101～103は、前記ダイヤモンドp型半導体膜11に分子流で到達する、すなわち、互いに衝突して気相中で反応してしまうことなくダイヤモンドp型半導体膜11に到達するので、ドーパント103のドーパント濃度を一定に保持したダイヤモンドn型半導体膜12をダイヤモンドp型半導体膜11上に成膜することができ、高い電気伝導度( $0.8 \sim 30 (\Omega \text{ cm})^{-1}$ )を有するダイヤモンドn型半導体膜12を再現性よく成膜することができる。

【0021】また、真空排気装置2を動作して真空容器1内を高真空( $1 \times 10^{-8}$ Torr以下)にすると共に、成膜時の雰囲気圧が小さい( $10^{-4}$ Torr程度)ので、残留窒素や酸素などの反応系への混入や、前記各ガス101～103と真空容器1などの装置との反応による汚染物の発生などを防止することができ、高い電気伝導度を有するダイヤモンドn型半導体膜12をさらに再現性よく成膜することができる。

【0022】なお、炭化水素ガス101としては、メタン、エタン、プロパン、ブタンなどが挙げられるが、炭素数の少ないメタンを用いると、炭素の供給を必要最小限に抑えることが容易にできるので、原料の無駄を少なくすることが容易にでき、より好ましい結果を得ることができる。

【0023】また、上述した装置においては、炭化水素ガス101の吸着したダイヤモンドp型半導体膜11の表面を活性化、すなわち、ダイヤモンドp型半導体膜11の表面水素を離脱させるため、原子状態の水素ガス102をダイヤモンドp型半導体膜11の表面へ照射するようにしたが、ダイヤモンドp型半導体膜11の表面活性化が特に必要ない場合には、前述した水素ガス送給手段および水素励起手段を省いて、ダイヤモンドp型半導体膜11への原子状態の水素ガス102の送給を省くようにしてもよい。

【0024】このようなダイヤモンドn型半導体膜12を備えた半導体装置10および発光素子20においては、当該ダイヤモンドn型半導体膜12にリンが上述したようにドーパされているので、当該ダイヤモンドn型半導体膜12の電気伝導度が上述したように非常に高くなり(従来に比べて約 $10^{15} \sim 10^{16}$ 倍)、容易に発光させることができる。したがって、DVDなどの利用に必要な条件を十分に満たすことができる。

【0025】ここで、上記発光素子20のオーミック電極21a、21bに電流を流して、室温から150℃における紫外波長領域(230～300nm)および可視波長領域(300～780nm)での発光スペクトルを観測した。その結果を図3に示す。

【0026】図3に示すように、発光素子20は、その発光波長が従来の発光素子の発光波長よりもかなり短波長側であるので、光記憶装置の光源などに適用すれば、当該光記憶装置の記憶密度や記憶容量を高めることがで

(4)

特開平11-126922

きる。

【0027】

【発明の効果】本発明による半導体装置は、ダイヤモンドp型半導体膜と、リンをドープしたダイヤモンドn型半導体膜とを備えてなるので、耐熱性および高電気伝導度を有するようになる。

【0028】また、本発明による発光素子は、上述した半導体装置に電極を設けたことから、高温環境下でも容易に発光させることができるので、DVDなどの利用に必要な条件を十分に満たすことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による発光素子の実施の形態の概略構造図である。

【図2】図1のダイヤモンドn型半導体膜を成膜する装置の一例の概略構成図である。

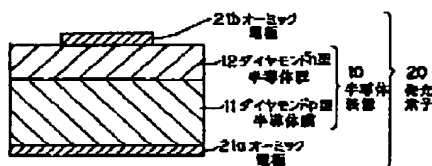
【図3】図1の発光素子の室温から150℃における紫外波長領域および可視波長領域での発光スペクトルを表すグラフである。

【図4】従来の発光素子の一例の概略構造図である。

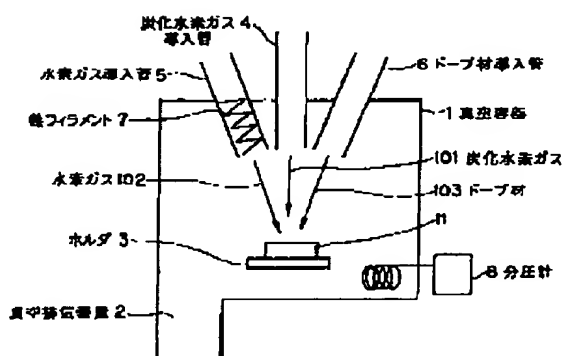
【符号の説明】

- 1 真空容器
- 2 真空排気装置
- 3 ホルダ
- 4 炭化水素ガス導入管
- 5 水素ガス導入管
- 6 ドープ材導入管
- 7 電熱フィラメント
- 8 分圧計
- 10 半導体装置
- 11 ダイヤモンドp型半導体膜
- 12 ダイヤモンドn型半導体膜
- 20 発光素子
- 21a, 21b オーミック電極
- 101 炭化水素ガス
- 102 水素ガス
- 103 ドープ材

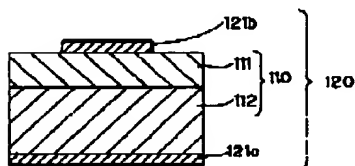
【図1】



【図2】



【図4】



FROM 福田事務所

2003年 9月 2日(火) 16:22/ 16:08/ 文書番号4803238146 P 38

(5)

特開平 11-126922

【図 3】

